



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 53 656 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
H 01 L 51/40
H 01 L 51/20

②1 Aktenzeichen: 101 53 656.9
②2 Anmeldetag: 31. 10. 2001
④3 Offenlegungstag: 22. 5. 2003

DE 101 53 656 A 1

⑦1 Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

⑦4 Vertreter:
Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667
München

⑦2 Erfinder:
Klauk, Hagen, Dr., 91058 Erlangen, DE; Schmid,
Günter, Dr., 91334 Hemhofen, DE; Kriem, Tarik,
91054 Erlangen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Verringerung des Kontaktwiderstandes in organischen Feldeffekttransistoren durch Aufbringen einer reaktiven, die organische Halbleiterschicht im Kontaktbereich regio-selektiv dotierenden Zwischenschicht

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung, welche einen ersten Körper aus einem organischen Halbleitermaterial und einen zweiten Körper aus einem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial umfasst, die eine gemeinsame Kontaktfläche ausbilden. Es wird zunächst auf einem Substrat ein Körper erzeugt, welcher aus dem Kontaktmaterial oder dem organischen Halbleitermaterial bestehen kann, und auf diesem eine Zwischenschicht aufgetragen, welche ein reaktionsfähiges Dotiermittel enthält. Anschließend wird ein Körper aus organischem Halbleitermaterial bzw. Kontaktmaterial auf der Zwischenschicht hergestellt. Das in der Zwischenschicht enthaltene Dotiermittel bewirkt eine regio-selektive Dotierung des organischen Halbleitermaterials und als Folge eine deutliche Verringerung des Kontaktwiderstandes für den Übergang von Ladungsträgern zwischen Kontaktmaterial und organischem Halbleitermaterial.

DE 101 53 656 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung, welche zumindest einen ersten Körper und einen zweiten Körper umfasst, die eine gemeinsame Kontaktfläche ausbilden, wobei einer der Körper aus einem organischen Halbleitermaterial und der andere Körper aus einem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich der Kontaktwiderstand beim Übergang von Ladungsträgern aus dem ersten in den zweiten Körper wesentlich verringern.

[0002] Feldeffekttransistoren werden als Schalter in elektronischen Schaltkreisen eingesetzt. Dabei wirkt jeweils ein zwischen einer aus elektrisch leitfähigem Material aufgebauten Source- und einer Drainelektrode angeordneter Halbleiter im ausgeschalteten Zustand des Transistors als Isolator, während sich unter dem Einfluß des Feldes einer Gateelektrode im eingeschalteten Zustand des Transistors ein Ladungsträgerkanal ausbildet. Dabei werden am Sourcekontakt elektrische Ladungsträger in die Halbleiterschicht injiziert und am Drainkontakt aus der Halbleiterschicht extrahiert, so dass von Source nach Drain ein elektrischer Strom durch die Halbleiterschicht bzw. durch den in der Halbleiterschicht erzeugten Ladungskanal fließt.

[0003] Wegen der unterschiedlichen Fermi-Niveaus von Halbleitermaterial und Kontaktmaterial kommt es an der Kontaktfläche der beiden Materialien zu einem asymmetrischen Diffusionsprozess. Durch die unterschiedliche Energie der Fermi-Niveaus der beiden Materialien besteht eine Energiedifferenz, die durch den Übertritt von Ladungsträgern ausgeglichen wird. Als Folge baut sich ein Grenzflächenpotential auf, das beim Anlegen einer äußeren Potentialdifferenz einem Übertritt der Ladungsträger zwischen den beiden Schichten entgegenwirkt. Es entsteht also eine Potentialbarriere, die von den Ladungsträgern beim Eintritt vom elektrisch leitfähigen Kontakt in das Halbleitermaterial bzw. beim Austritt aus dem Halbleitermaterial in den elektrisch leitfähigen Kontakt überwunden werden muss. Der Tunnelstrom, welcher durch ein Durchtunneln der Ladungsträger durch die Potentialbarriere entsteht, ist dabei um so geringer, je höher bzw. breiter die Potentialbarriere ist. Ein niedriger Tunnelstrom entspricht einem hohen Kontaktwiderstand.

[0004] Bei Halbleiterbauelementen auf der Basis anorganischer Halbleiter begegnet man einer Erhöhung des Kontaktwiderstandes durch eine Dotierung des anorganischen Halbleiters in einer zur Kontaktfläche orientierten Grenzschicht. Durch die Dotierung wird die Energie des Fermi-Niveaus im anorganischen Halbleiter verändert, d. h. die Differenz zwischen dem Fermi-Niveau von Kontaktmaterial und Halbleitermaterial verringert sich. Als Folge kommt es entweder zu einer Verringerung der Potentialbarriere, wodurch es einer wesentlich größeren Anzahl von Ladungsträgern möglich wird, die Potentialbarriere zu überwinden und das gegenüberliegende Material zu überschwemmen, oder zu einer Schmälerung der Potentialbarriere, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit für ein Tunneln von Ladungsträgern durch die Potentialbarriere erhöht. In beiden Fällen verringert sich der Kontaktwiderstand.

[0005] Bei der Herstellung von Feldeffekttransistoren auf der Basis von amorphen oder polykristallinen Siliziumschichten erfolgt die Dotierung der Kontaktbereiche durch das Einbringen von Phosphor oder Bor in die Siliziumschicht nahe der Source- und Drainkontakte. Die Phosphor- oder Boratome werden in das Siliziumnetzwerk eingebaut und wirken als Ladungsdonatoren oder Ladungsakzeptoren, wodurch sich die Dichte der freien Ladungsträger und damit

die elektrische Leitfähigkeit des Siliziums im dotierten Bereich erhöht. Dies bewirkt eine Verringerung der Differenz zwischen den Fermi-Niveaus von Kontaktmaterial und dotiertem Halbleitermaterial. Die Dotiersubstanz wird dabei nur im Bereich der Source- und Drainkontakte in das Silizium eingebracht, nicht aber in der Kanalregion, in welcher sich unter dem Einfluss des Feldes der Gateelektrode ein Ladungsträgerkanal ausbildet. Da Phosphor und Bor kovalente Bindungen mit dem Silizium eingehen, besteht keine Gefahr der Diffusion dieser Atome in die Kanalregion, so dass eine geringe elektrische Leitfähigkeit in der Kanalregion weiterhin garantiert ist.

[0006] Ist die Dotierung der Kontaktbereiche genügend hoch, ist die Tunnelwahrscheinlichkeit bereits im Ruhezustand so groß, dass der Übergang zwischen dem Kontaktmaterial und dem anorganischen Halbleitermaterial seine Sperrfähigkeit verliert und in beiden Richtungen gut leitend wird.

[0007] Feldeffekttransistoren auf der Basis organischer Halbleiter sind für eine Vielzahl elektronischer Anwendungen von Interesse, die extrem niedrige Fertigungskosten, flexible oder unzerbrechliche Substrate, oder die Herstellung von Transistoren und integrierten Schaltungen über große aktive Flächen erfordern. Zum Beispiel eignen sich organische Feldeffekttransistoren als Pixelsteuerelemente in Aktiv-Matrix-Bildschirmen. Solche Bildschirme werden gewöhnlich mit Feldeffekttransistoren auf der Basis amorpher oder polykristalliner Siliziumschichten hergestellt. Die für die Herstellung hochwertiger Transistoren auf der Basis amorpher oder polykristalliner Siliziumschichten notwendigen Temperaturen von gewöhnlich mehr als 250°C erfordern die Verwendung starrer und zerbrechlicher Glas- oder Quarzsubstrate. Dank der relativ niedrigen Temperaturen, bei denen Transistoren auf der Basis organischer Halbleiter hergestellt werden, von gewöhnlich weniger als 100°C, erlauben organische Transistoren die Herstellung von Aktiv-Matrix-Bildschirmen unter Verwendung billiger, flexibler, transparenter, unzerbrechlicher Polymerfolien, mit erheblichen Vorteilen gegenüber Glas- oder Quarzsubstraten.

[0008] Ein weiteres Anwendungsgebiet für organische Feldeffekttransistoren liegt in der Herstellung von sehr preiswerten integrierten Schaltungen, wie sie zum Beispiel für die aktive Kennzeichnung und Identifizierung von Waren und Gütern zum Einsatz kommen. Diese sogenannten Transponder werden gewöhnlich unter Verwendung von integrierten Schaltkreisen auf der Basis von einkristallinem Silizium hergestellt, was zu erheblichen Kosten bei der Aufbau- und Verbindungstechnik führt. Die Herstellung von Transpondern auf der Grundlage organischer Transistoren würde zu enormen Kostensenkungen führen und könnte der Transponder-Technologie zum weltweiten Durchbruch verhelfen.

[0009] Eines der Hauptprobleme bei der Anwendung organischer Feldeffekttransistoren sind die relativ schlechten elektrischen Eigenschaften der Source- und Drainkontakte, d. h. deren hohe Kontaktwiderstände. Die Source- und Drainkontakte organischer Transistoren werden meist unter Verwendung anorganischer Metalle oder mit Hilfe leitfähiger Polymere erzeugt, um so eine möglichst hohe elektrische Leitfähigkeit der Kontakte zu gewährleisten. Die meisten organischen Halbleiter, die für die Verwendung in organischen Feldeffekttransistoren in Frage kommen, besitzen sehr geringe elektrische Leitfähigkeiten. Zum Beispiel weist Pentazen, das häufig für die Herstellung organischer Feldeffekttransistoren verwendet wird, eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit von $10^{-14} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ auf. Besitzt der organische Halbleiter eine geringe elektrische Leitfähigkeit, besteht daher an der Kontaktfläche eine große Differenz zwi-

schen den Fermi-Niveaus von elektrisch leitendem Kontaktmaterial und organischem Halbleitermaterial. Dies führt Ausbildung einer hohen Potentialbarriere mit einer geringen Tunnelwahrscheinlichkeit für den Durchtritt von Elektronen. Source- und Drainkontakte weisen daher oft sehr hohe Kontaktwiderstände auf, was dazu führt, dass hohe elektrische Feldstärken an den Kontakten erforderlich sind, um Ladungsträger zu injizieren und zu extrahieren. Beschränkend wirkt also nicht die Leitfähigkeit der Kontakte selbst, sondern die Leitfähigkeit der an die Kontakte angrenzenden Halbleiterbereiche, in welche die Ladungsträger injiziert bzw. aus welchen die Ladungsträger extrahiert werden.

[0010] Um die elektrischen Eigenschaften der Source- und Drainkontakte zu verbessern, ist deshalb eine hohe elektrische Leitfähigkeit des organischen Halbleiters in den an die Kontakte angrenzenden Bereichen erwünscht, um den Unterschied in den Fermi-Niveaus zwischen organischem Halbleiter und Kontaktmaterial zu verringern und damit die Kontaktwiderstände zu erniedrigen. Andererseits hat eine hohe elektrische Leitfähigkeit des organischen Halbleiters in der Kanalregion einen negativen Einfluss auf die Eigenschaften des Transistors. Eine nennenswerte elektrische Leitfähigkeit in der Kanalregion führt unweigerlich zu hohen Leckströmen, das heißt zu relativ hohen elektrischen Stromstärken im ausgeschalteten Zustand des Feldeffekttransistors. Für viele Anwendungen sind aber niedrige Leckströme im Bereich von 10^{-12} A oder weniger unabdingbar. Eine hohe elektrische Leitfähigkeit führt außerdem dazu, dass das Verhältnis zwischen maximalem Einschaltstrom und minimalem Ausschaltstrom zu gering ausfällt. Viele Anwendungen erfordern ein möglichst großes Verhältnis zwischen Einschaltstrom und Ausschaltstrom im Bereich von 10^7 oder größer, da dieses Verhältnis das Modulationsverhalten und die Verstärkung des Transistors widerspiegelt. In der Kanalregion ist daher eine geringe elektrische Leitfähigkeit des organischen Halbleiters erforderlich, während im Bereich der Source- und Drainkontakte eine hohe elektrische Leitfähigkeit notwendig ist, um die Kontakteigenschaften zwischen organischem Halbleitermaterial und dem Material der Kontakte zu verbessern.

[0011] Die elektrische Leitfähigkeit vieler organischer Halbleiter kann wie bei anorganischen Halbleitern durch das Einbringen geeigneter Dotiersubstanzen erhöht werden. Die Erzielung positioneller Selektivität beim Dotieren ist jedoch problematisch. Die Dotiersubstanzen sind in den organischen Halbleitern nicht an eine bestimmte Position gebunden und können sich innerhalb des Materials frei bewegen. Selbst wenn der Dotierungsprozess ursprünglich auf einen bestimmten Bereich, zum Beispiel die Bereiche um die Source- und Drainkontakte, beschränkt werden kann, kommt es später zu einer Wanderung der Dotiersubstanzen durch die gesamte organische Halbleiterschicht, insbesondere unter dem Einfluss des elektrischen Feldes, das zwischen den Source- und Drainkontakten angelegt wird, um den Transistor zu betreiben. Durch die Diffusion der Dotiersubstanzen innerhalb der organischen Halbleiterschicht erhöht sich unweigerlich die elektrische Leitfähigkeit in der Kanalregion.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit welchem der Kontaktwiderstand beim Übergang von Ladungsträgern aus einem elektrisch leitfähigen Material in ein organisches Halbleitermaterial wesentlich erniedrigt werden kann.

[0013] Die Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung, welche zumindest einen ersten Körper und einen zweiten Körper umfasst, die eine gemeinsame Kontaktfläche ausbilden, wobei einer der Körper aus einem organischen Halbleitermaterial und der

andere Körper aus einem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen des ersten Körpers,
- Bereitstellen eines Dotiermittels auf zumindest einem -Abschnitt einer Fläche des ersten Körpers, und
- Abscheiden des zweiten Körpers auf dem Abschnitt der Fläche des ersten Körpers unter Ausbildung der Kontaktfläche, wobei an der Kontaktfläche durch das Dotiermittel eine regio-selektive Dotierung in an die Kontaktfläche angrenzende Bereiche des organischen Halbleitermaterials eingeführt wird.

[0014] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird auf einer Fläche, welche später die Kontaktfläche zwischen Kontaktmaterial und organischem Halbleitermaterial bildet, ein Dotiermittel bereitgestellt und durch Abscheiden des zweiten Körpers die Kontaktfläche ausgebildet. Dadurch erfolgt eine Dotierung des organischen Halbleitermaterials nur in den Bereichen des organischen Halbleitermaterials, die sich unmittelbar an die Kontaktfläche anschließen, während die übrigen Bereiche des organischen Halbleitermaterials keine Dotierung erfahren und damit ihre niedrige elektrische Leitfähigkeit behalten. Damit wird die Leitfähigkeit des organischen Halbleitermaterials nur in den für den Ladungsübertritt vom elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial in das organische Halbleitermaterial bzw. vom organischen Halbleitermaterial in das elektrisch leitfähige Kontaktmaterial wesentlichen Bereichen des organischen Halbleitermaterials erhöht. Durch die Dotierung verringert sich die Breite der Potentialbarriere, die von den Ladungsträgern beim Übertritt von einem Körper in den anderen Körper überwunden werden muss. Dadurch erhöht sich auch die Wahrscheinlichkeit für ein Tunneln der Ladungsträger durch die Potentialbarriere, so dass ein größerer Tunnelstrom fließt, was einem geringeren Kontaktwiderstand entspricht. In den übrigen Bereichen des organischen Halbleitermaterials bleibt die erwünschte niedrige elektrische Leitfähigkeit erhalten, so dass Leckströme möglichst niedrig gehalten werden. Es wird also der Kontaktwiderstand an der Kontaktfläche erniedrigt, während die niedrige elektrische Leitfähigkeit des organischen Halbleitermaterials in den undotierten Bereichen erhalten bleibt.

[0015] Das organische Halbleitermaterial unterliegt an sich keinen Beschränkungen. Es muss lediglich Halbleitereigenschaften aufweisen, das heißt beispielsweise im ausgeschalteten Zustand eines organischen Feldeffekttransistor eine niedrige elektrische Leitfähigkeit aufweisen, während es unter Einfluss des von der Gateelektrode erzeugten Feldes einen Leitungschanal ausbildet, also elektrisch leitfähig wird. Als geeignete Verbindungen können beispielsweise Polyene verwendet werden, wie Anthrazen, Tetracen oder Pentacen, Polythiophene oder Oligothiophene sowie deren substituierte Abkömmlinge, Polypyrrole, Poly-p-phenylene, Poly-p-phenylvinylidene, Naphthalindicarbonsäuredianhydride, Naphthalin-bis-imide, Polynaphthaline, Phthalocyanine, Kupferphthalocyanine oder Zink-phthalocyanine sowie deren substituierte, insbesondere fluorierte Abkömmlinge.

[0016] Als Kontaktmaterial sind alle Materialien geeignet, welche eine ausreichend hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Prinzipiell sind alle Metalle geeignet, vorzugsweise Palladium, Gold, Platin, Nickel, Kupfer, Aluminium, wie auch elektrisch leitfähige Oxide, wie zum Beispiel Rutheniumoxid und Indiumzinnoxid, sowie auch elektrisch leitfähige Polymere, wie Polyacetylen oder Polyanilin.

[0017] Das Verfahren kann prinzipiell auf zwei Wegen ausgeführt werden, wobei der erste Körper beim ersten Weg

aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial besteht und beim zweiten Weg aus dem organischen Halbleitermaterial. Das Dotiermittel kann also zum einen auf dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial bereitgestellt werden, auf welchem anschließend eine Schicht des organischen Halbleitermaterials aufgebracht wird. Es ist aber ebenso möglich, zunächst einen Körper aus dem organischen Halbleitermaterial zu erzeugen, und auf einem Abschnitt, welcher der späteren Kontaktfläche entspricht, das Dotiermittel bereitzustellen, um anschließend das elektrisch leitfähige Kontaktmaterial aufzutragen, wobei die Kontaktfläche ausgebildet wird. Bei der zuletzt genannten Verfahrensvariante werden Dotiermittel und elektrisch leitfähiges Kontaktmaterial bevorzugt in einem gemeinsamen Arbeitsschritt aufgetragen.

[0018] Das Dotiermittel wird bevorzugt als Schicht auf der Fläche des ersten Körpers aufgebracht. Der erste Körper ist je nach Verfahrensführung aus dem organischen Halbleitermaterial oder aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut. Je nach verwendetem Dotiermittel kann dieses in Substanz aufgebracht werden, beispielsweise durch Aufdampfen oder Aufstreuen, oder bevorzugt in einem Lösungsmittel gelöst. Das Lösungsmittel wird dabei so gewählt, dass es mit dem Dotiermittel nicht reagiert, die für die Herstellung der Halbleitereinrichtung verwendeten Materialien nicht anlost, und leicht flüchtig ist. Die Lösung des Dotiermittels lässt sich mit üblichen Verfahren aufbringen. Beispielsweise kann die Lösung durch Aufschleudern, Aufsprühen, Gießen oder Drucken auf das elektrisch leitfähige Kontaktmaterial bzw. auf das organische Halbleitermaterial aufgebracht werden. Das Dotiermittel wird so aufgebracht, dass es die Abschnitte der Fläche des ersten Körpers bedeckt, welche nach Fertigstellung die Kontaktflächen bilden. Ein abschnittsweises Aufbringen des Dotiermittels kann beispielsweise mit Hilfe einer Maske durchgeführt werden, wobei nur die Abschnitte freiliegen, auf welchen das Dotiermittel aufgebracht werden soll. Das Lösungsmittel wird anschließend verdampft, beispielsweise durch Erwärmen, so dass auf der Oberfläche des ersten Körpers eine dünne Schicht des Dotiermittels zurückbleibt. Die Dicke der Schicht des Dotiermittels kann sehr gering gewählt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Schicht als monomolekulare Schicht ausgeführt.

[0019] Die Dotierung kann auch in der Weise in das organische Halbleitermaterial eingeführt werden, dass zunächst aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial der erste Körper bereitgestellt wird, anschließend zumindest ein Abschnitt der Fläche des ersten Körpers aktiviert wird und dann aus dem organischen Halbleitermaterial der zweite Körper auf zumindest dem Abschnitt der Fläche des ersten Körpers abgeschieden wird, um die Kontaktfläche zwischen dem ersten und dem zweiten Körper auszubilden. Durch die aktivierten Abschnitte der Fläche des ersten Körpers wird eine regio-selektive Dotierung in an die Kontaktfläche angrenzende Bereiche des organischen Halbleitermaterials eingeführt. So kann beispielsweise ein erster Körper aus Indium-Zinnoxid hergestellt werden und nach der Abscheidung des Indium-Zinnoxid an der Oberfläche des ersten Körpers in einem Sauerstoffplasma zu einem Material mit erhöhtem Sauerstoffanteil umgesetzt werden. Die nachfolgend als zweiter Körper abgeschiedene organische Halbleiterschicht reduziert das Kontaktmaterial Indium-Zinnoxid zu einer thermodynamisch stabilen Stufe und wird dabei selbst oxidiert, was zu einer regio-selektiven Dotierung der organischen Halbleiterschicht in den an die Kontaktfläche angrenzenden Bereichen führt. Anstelle von Indium-Zinnoxid können beispielsweise auch Edelmetalle, wie Silber, Gold, Palladium, Platin oder Kupfer verwendet werden, deren Oxide bereitwillig die organische Halbleiterschicht oxidi-

dieren. Eine Aktivierung kann auch mit anderen Materialien erfolgen, beispielsweise durch eine Halogenierung mit Fluor, Chlor, Brom oder Jod bzw. deren Metallkomplexe, wie PtF_6 . Ebenfalls möglich ist eine Nitrierung der Fläche des elektrisch leitfähigen Kontaktmaterials, zum Beispiel durch Aufdampfen von $\text{Co}(\text{NO}_2)_2$.

[0020] Eine Dotierung des organischen Halbleitermaterials in den an die Kontaktfläche angrenzenden Bereichen kann auch durch Interdiffusion erfolgen. Bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält der aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaute Körper das Dotiermittel, das in diesem Fall auch im gesamten Volumen des Körpers verteilt sein kann und eine Dotierung des elektrisch leitfähigen Kontaktmaterials bewirkt. Nach Ausbildung der Kontaktfläche diffundiert das Dotiermittel aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial in die an die Kontaktfläche angrenzenden Bereiche des organischen Halbleitermaterials und bewirkt dort eine regio-selektive Dotierung. Bei dieser Ausführungsform kann das Verfahren in der Weise durchgeführt werden, dass der erste Körper aus dem mit dem Dotiermittel dotierten elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial hergestellt wird, auf dem dann der zweite Körper aus dem organischen Halbleitermaterial abgeschieden wird. Es ist aber auch möglich, den ersten Körper aus dem organischen Halbleitermaterial herzustellen und auf diesem dann das dotierte elektrisch leitfähige Kontaktmaterial als zweiten Körper abzuscheiden. Bei dieser Verfahrensvariante wird die Fläche, auf der das Dotiermittel bereitgestellt wird, gleichzeitig mit dem Körper aus dem dotierten elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial erzeugt.

[0021] Das Dotiermittel ist dabei bevorzugt so beschaffen, dass eine Dotierung nur in einem schmalen Bereich des organischen Halbleitermaterials, welcher an die Kontaktfläche angrenzt, erfolgt. Dazu kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform das Dotiermittel eine Säure sein und das Kontaktmaterial stark basische Eigenschaften aufweisen. Beispielsweise kann das Kontaktmaterial aus Polyanilin bestehen, das mit Kampfersulfonsäure zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit dotiert ist. Als organisches Halbleitermaterial wird ein mit Aminogruppen funktionalisiertes Thiophen verwendet, das keine Dotierung aufweist. Durch geringe Interdiffusion der Kampfersulfonsäure wird das organische Halbleitermaterial im Bereich der Kontaktfläche dotiert. Wegen der starken Basizität des Polyanilins kommt die Diffusion nach wenigen Monolagen zum Erliegen. Die übrigen Bereiche des organischen Halbleitermaterials werden daher von der Dotierung nicht beeinflusst.

[0022] Das Dotiermittel muss in dem Bereich des organischen Halbleitermaterials, welcher sich an die Kontaktfläche anschließt, eine chemische Veränderung und damit eine Dotierung bewirken. Diese Dotierung kann auf verschiedene Weise bewirkt werden. So kann als Dotiermittel eine Protonensäure oder eine Base verwendet werden, durch welche das organische Halbleitermaterial unter Salzbildung protoniert bzw. deprotoniert wird. So kann beispielsweise ein erster Körper hergestellt werden, welcher als elektrisch leitfähiges Kontaktmaterial Polyanilin enthält, das zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit mit Kampfersulfonsäure dotiert ist. Im Bereich der Kontaktfläche wird anschließend eine dünne Lage Polysulfonsäure aufgebracht. Wird anschließend eine organische Halbleiterschicht auf die Kontakte aus elektrisch leitfähigem Polyanilin aufgetragen, erfolgt im Kontaktbereich eine Dotierung des organischen Halbleitermaterials.

[0023] Das Dotiermittel kann auch als Oxidationsmittel oder als Reduktionsmittel wirken, durch welche das organische Halbleitermaterial oxidiert bzw. reduziert wird. Eine Oxidation eignet sich bei Verwendung von organischen p-

Halbleitern, eine Reduktion bei Verwendung von organischen n-Halbleitern. Eine Dotierung durch Oxidation lässt sich beispielsweise erreichen, wenn als Dotiermittel ein funktionalisiertes Benzoylperoxid oder AIBN (Azoisobutyronitril) verwendet wird.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Dotiermittel komplexierende Eigenschaften auf. Dazu enthält die Schicht des Dotiermittels, welche auf den ersten Körper aufgetragen wird, Metallatome, an die das organische Halbleitermaterial koordinativ binden kann. Besteht der erste Körper beispielsweise aus einem Kontaktmaterial, so wird auf diesen zunächst ein Eisen(III)-Komplex als Dotiermittel aufgebracht. Der Eisen(III)-Komplex kann dabei als Schicht aufgebracht werden oder auch über entsprechende Liganden als Monolage auf der Oberfläche des ersten Körpers gebunden sein. Als zweiter Körper wird anschließend eine Schicht aus Polythiophen aufgebracht. Die Schwefelatome des Thiophens können dann koordinativ an die Eisen(III)-Atome binden. Durch die Komplexbildung wird die Ladungsdichte des Thiophens teilweise auf das Lewis-saure Eisen(III) übertragen. Dieser Ladungsübertrag bewirkt eine Dotierung. Im Wesentlichen eignen sich hierzu alle positiv geladenen Komplexe der Übergangsmetalle bzw. der Lanthanoiden und Actinoiden. Erfolgt der Ladungsübertrag vom Thiophen zum Metallion vollständig, bewirkt dies eine Oxidation des Halbleiters und damit eine Dotierung, während das Metallion reduziert wird, beispielsweise Fe(III) zu Fe(II). Wird Pentazen als organischer Halbleiter verwendet, eignen sich beispielsweise Abkömmlinge von Bis(rhodium(II))trifluoracetat oder von Bis(rhodium(II))acetat.

[0025] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform bildet das Dotiermittel eine kovalente Bindung zum organischen Halbleitermaterial aus. Dazu weist sowohl das Dotiermittel, wie auch das organische Halbleitermaterial eine reaktive Gruppe auf, wobei die reaktiven Gruppen unter Ausbildung einer kovalenten Bindung miteinander reagieren können. Dazu kann eine Zwischenlage abgeschieden werden, die mit der organischen Halbleiterschicht einen Ladungs-Transfer-Komplex bildet, oder unmittelbar zu einer dotierten Verbindung weiter reagiert. Beispielsweise kann ein mit Thiolgruppen funktionalisiertes Tricyanoethylen auf einem Palladiumkontakt in Form einer selbst organisierten Monolage abgeschieden werden. Nach Abscheidung von Pentazen aus der Gasphase als organische Halbleiterschicht ist eine Farbintensivierung an den Kontakten sichtbar, die teilweise verschwindet. Zunächst entsteht ein Ladungs-Transfer-Komplex, der anschließend in einer Diels-Alder-Reaktion teilweise abreagiert. Die Dotierstoffe werden dadurch neben der Fixierung durch die Thiolgruppe zusätzlich auf der Seite der organischen Halbleiterschicht im Bereich der Kontaktfläche fixiert.

[0026] Für das erfindungsgemäße Verfahren ist es wesentlich, dass zum einen das Dotiermittel bei der Herstellung der Halbleitereinrichtung in Abschnitten bereitgestellt wird, die in der fertiggestellten Halbleitereinrichtung den Kontaktflächen entsprechen, und zum anderen in der fertiggestellten Halbleitereinrichtung die Dotierung in den an die Kontaktfläche angrenzenden Bereichen des organischen Halbleitermaterials verbleibt und nicht in die weiter entfernten Bereiche des organischen Halbleitermaterials diffundiert und dort zu einer Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit führt.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Dotiermittel daher eine Gruppe auf, mit der das Dotiermittel an die Abschnitte der Fläche des Körpers koordinieren kann, welcher aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist. Eine für die Koordination an Metalle geeignete Gruppe ist beispielsweise die Thiolgruppe. Das Dotiermittel

ist bei dieser Ausführungsform bevorzugt zumindest bifunktionell, umfasst also eine funktionelle Gruppe, die an die Oberfläche des elektrisch leitfähigen Kontaktmaterials binden kann, sowie eine funktionelle Gruppe, welche die Dotierung des organischen Halbleitermaterials bewirkt. Eine solche Gruppe kann z. B. eine zur Salzbildung befähigte Gruppe sein, die mit dem organischen Halbleitermaterial ein Salz ausbildet. Die Salzbildung kann z. B. erfolgen, indem das organische Halbleitermaterial protoniert oder deprotoniert wird.

[0028] Das Verfahren kann auch in der Weise durchgeführt werden, dass das Dotiermittel zunächst durch Komplexbildung auf der Fläche des Körpers fixiert wird, der aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial besteht. Der Körper entspricht bevorzugt dem ersten Körper. Bei dieser Ausführungsform wird ein zumindest bifunktioneller Ligand auf zumindest die Abschnitte der Fläche des Körpers aufgebracht, welcher aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist, wobei der Ligand eine funktionelle Gruppe zur Koordination an die Fläche des Körpers aufweist, welcher aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist, und eine funktionelle Gruppe, welche an das Dotiermittel koordiniert, und das Dotiermittel an den bifunktionellen Liganden koordiniert. Das Dotiermittel wird dann über den zumindest bifunktionellen Liganden auf zumindest den Abschnitten der Fläche des Körpers aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial fixiert und steht für eine Dotierung des organischen Halbleitermaterials zur Verfügung. So kann beispielsweise auf zumindest den Abschnitten der Fläche des Körpers aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterials eine Monolage eines Dithiols durch Eintauchen in eine entsprechende Lösung abgeschieden werden. Nach einem Spülschritt wird die abgeschiedene Monolage mit Eisen(III)-Ionen versetzt. Die entstehenden Thiolgruppen fixieren die Eisen(III)-Ionen im Kontaktbereich. Nach Abscheidung der organischen Halbleiterschicht findet eine oxidative Dotierung des organischen Halbleiters im Kontaktbereich statt.

[0029] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders für die Herstellung von organischen Feldeffekttransistoren. Dabei ist die Halbleitereinrichtung Teil eines organischen Feldeffekttransistors, welcher eine Source- und eine Drainelektrode und eine zwischen Source- und Drainelektrode angeordnete Strecke aus einem organischen Halbleitermaterial umfasst, wobei die Source- und/oder die Drainelektrode den aus dem elektrisch leitfähigen Material aufgebauten Körper und die Strecke aus dem organischen Halbleitermaterial den aus dem organischen Halbleitermaterial aufgebauten Körper bildet.

[0030] Im Weiteren wird die Erfindung unter Bezugnahme auf eine beigefügte Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt: [0031] Fig. 1 eine Abfolge der Verfahrensschritte, welche bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens durchlaufen werden;

[0032] Fig. 2 eine Abfolge der Verfahrensschritte, welche bei der Herstellung eines organischen Feldeffekt-Transistors durchlaufen werden;

[0033] Fig. 3 einen Querschnitt durch verschiedene Strukturen organischer Feldeffekt-Transistoren.

[0034] Fig. 1 zeigt eine Abfolge der Verfahrensschritte, welche bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens durchlaufen werden. Zunächst wird, wie in Fig. 1a gezeigt, auf einem Substrat 1 ein erster Körper 2 bereitgestellt. Als Substrat dienen vorzugsweise preiswerte, flexible Polymerfolien auf der Basis von Polyethylenanthracen, Polyethylenterephthalat, Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, Epoxyharz, Polyimiden, Polybenzoxazolen, Polycarbonaten, Polybenzoxazolen, Polyetheren bzw. deren elektrisch

leitfähig beschichteten Varianten sowie flexible Metallfolien, Glas, Quarz, oder elektrisch leitfähig beschichtete Gläser. Der erste Körper 2 kann je nach Verfahrensführung aus einem organischen Halbleitermaterial oder einem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial bestehen. Auf dem ersten Körper 2 wird anschließend eine Zwischenschicht 3 abgeschieden, welche das Dotiermittel enthält. Besteht der erste Körper 2 aus dem organischen Halbleitermaterial, kann unmittelbar eine Dotierung des organischen Halbleitermaterials erfolgen. Auf die in Fig. 1b dargestellte Zwischenschicht 3 wird anschließend der zweite Körper 4 aufgebracht, so dass die in Fig. 1c dargestellte Anordnung erhalten wird. Besteht der zweite Körper 4 aus dem organischen Halbleitermaterial, erfolgt in den zu einer zwischen den Körpern 2, 4 ausgebildeten Kontaktfläche 5 benachbarten Bereich 6 des organischen Halbleitermaterials eine Dotierung, während die restlichen Bereiche des organischen Halbleitermaterials undotiert verbleiben. Diese Anordnung ist schematisch in Fig. 1d gezeigt.

[0035] In Fig. 2a-e sind am Beispiel der Herstellung eines organischen Feldeffekttransistors schematisch die Arbeitsschritte dargestellt, die bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens durchlaufen werden. Zunächst wird, wie in Fig. 2a dargestellt, eine Gateelektrode 7 auf einem Substrat 1 definiert. Als Substrat 1 dienen vorzugsweise die bei Fig. 1 beschriebenen Materialien. Die Gateelektrode 7 besteht aus einem leitfähigen Material, insbesondere einem leitfähigen Metall, beispielsweise Aluminium, und kann z. B. durch Aufdampfen abgeschieden werden. Anschließend wird, wie in Fig. 2b dargestellt, die Gateelektrode 7 mit einem Gatedielektrikum 8 isoliert. Dazu kann beispielsweise Siliziumdioxid oder ein nichtleitendes Polymer verwendet werden. Auf dem Gatedielektrikum 8 wird anschließend eine Schicht 9 aus einem organischen Halbleitermaterial abgeschieden. In der in Fig. 2c gezeigten Anordnung weist die Schicht 9 des organischen Halbleitermaterials eine freiliegende Fläche 10 auf. Auf der Fläche 10 der Schicht 9 aus dem organischen Halbleitermaterial wird anschließend in Abschnitten 11a, 11b, welche später die Kontaktflächen 5a, 5b bilden, eine dünne Zwischenschicht 3a, 3b abgeschieden, welche das Dotiermittel enthält. Durch das Dotiermittel erfolgt eine Dotierung der Schicht 9 aus organischen Halbleitermaterial in den den Kontaktflächen 5a, 5b benachbarten Bereichen 12a, 12b. Abschließend werden Kontakte als Sourceelektrode 12 und Drainelektrode 13 abgeschieden, die bevorzugt aus einem Metall, insbesondere Aluminium, bestehen. Die Dotierung hat nur in den Bereichen 6a, 6b an den Kontaktflächen 5a, 5b stattgefunden, während die Kanalregion 14, in der unter Einwirkung des von der Gateelektrode 7 erzeugten Feldes ein Ladungsträgerkanal erzeugt wird, frei von Dotierungen bleibt.

[0036] In Fig. 3 sind Querschnitte durch weitere Ausführungsformen von Feldeffekttransistoren gezeigt, welche mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden können und die erfindungsgemäße Halbleiteranordnung umfassen. Bei den in den Fig. 3a und 3b dargestellten Anordnungen wurden bei der Herstellung des Feldeffekttransistors die das Dotiermittel enthaltenden Zwischenschichten auf Abschnitten der Fläche der organischen Halbleiterschicht abgeschieden, während bei den in den Fig. 3c, 3d und 3e gezeigten Konfigurationen die das Dotiermittel enthaltenden Zwischenschichten auf den Kontakten abgeschieden wurden.

[0037] Bei der in Fig. 3a gezeigten Anordnung wurde auf dem Substrat 1 zunächst eine Schicht 9 aus einem organischen Halbleitermaterial abgeschieden. Auf der Schicht 9 ist in Abschnitten 11a, 11b der Fläche 10 der organischen Halbleiterschicht 9, welche die Kontaktflächen 5a, 5b bilden, jeweils Zwischenschichten 3a, 3b angeordnet, welche das Do-

tiertmittel enthalten. Durch das Dotiermittel wird eine Dotierung der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial in den den Kontaktflächen 5a, 5b benachbarten Bereichen 6a, 6b bewirkt, während die Kanalregion 14 undotiert verbleibt. Auf den Abschnitten 11a, 11b sind als Kontakte die Sourceelektrode 12 und die Drainelektrode 13 angeordnet. Auf der Sourceelektrode 12, der Drainelektrode 13 sowie der freiliegenden Fläche der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial ist ein Gatedielektrikum 8 zur Isolation aufgebracht, auf welchem wiederum eine Gateelektrode 7 angeordnet ist.

[0038] Eine Modifikation des in Fig. 3a dargestellten Feldeffekttransistors ist in Fig. 3b gezeigt. Auf dem Substrat 1 ist eine Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial angeordnet. Auf den Abschnitten 11a, 11b der Fläche 10 der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial sind Zwischenschichten 3a, b angeordnet, welche das Dotiermittel enthalten und durch welche eine Dotierung in den Bereichen 6a, 6b der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial eingeführt ist. Auf den Abschnitten 11a, 11b sind als Kontakte die Sourceelektrode 12 und die Drainelektrode 13 angeordnet. Im Bereich der Kanalregion 14 ist ein Gatedielektrikum 8 auf die Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial aufgebracht, durch welches die Gateelektrode 7 isoliert wird. [0039] In den in den Fig. 3c bis 3d dargestellten Feldeffekttransistoren ist die Zwischenschicht mit dem Dotiermittel während der Herstellung des Transistors auf den Kontakten bereitgestellt worden.

[0040] In Fig. 3c ist auf einem Substrat 1 eine Gateelektrode 7 angeordnet, welche durch ein Gatedielektrikum 8 isoliert ist. Auf dem Gatedielektrikum 8 sind Sourceelektrode 12 und Drainelektrode 13 als Kontakte angeordnet, welche jeweils Kontaktfläche 5a, 5b zur auf der Sourceelektrode 12 und der Drainelektrode 13 angeordneten Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial ausbilden. An der Kontaktfläche 5a, 5b sind Zwischenschichten 3a, 3b angeordnet, durch welche eine Dotierung in den den Kontaktflächen 5a, 5b benachbarten Bereichen 6a, 6b der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial eingeführt wurde. Es erfolgt nur eine Dotierung benachbart zu den Kontaktflächen 5a, 5b, während der Bereich der Kanalregion 14 undotiert verbleibt, weshalb Leckströme weitgehend unterdrückt werden.

[0041] Eine Anordnung eines Feldeffekttransistors, bei welchem die Sourceelektrode 12 und die Drainelektrode 13 direkt auf dem Substrat 1 aufgebracht sind, ist in Fig. 3d gezeigt. Auf den die Kontaktflächen 5a, 5b bildenden Abschnitten 11a, 11b der Sourceelektrode 12 bzw. der Drainelektrode 13 sind wiederum Zwischenschichten 3a, 3b angeordnet, welche das Dotiermittel enthalten und in den sich an die Kontaktflächen 5a, 5b anschließenden Bereichen 6a, 6b der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial eine Dotierung bewirken. Der Bereich der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial, welcher zwischen Sourceelektrode 12 und Drainelektrode 13 angeordnet ist, und welcher die Kanalregion 14 umfasst, ist frei von Dotierungen. Auf der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial ist wiederum ein Gatedielektrikum 8 angeordnet, und auf diesem die Gateelektrode 7.

[0042] Eine Anordnung, bei welcher Sourceelektrode 12, Drainelektrode 13 und Gateelektrode 7 in einer Ebene angeordnet sind, ist in Fig. 3e dargestellt. Dieser Dünnfilmtransistor erfordert nur drei Schritte für die Abscheidung der einzelnen Schichten und ist von H. Klauk, D. J. Gundlach, M. Bonse, C.-C. Kuo und T. N. Jackson, Appl. Phys. Lett. 76, 2000, 1692-1694 vorgeschlagen worden. Zunächst wird auf einem Substrat 1 eine Sourceelektrode 12, eine Drainelektrode 13 und eine Gateelektrode 7 aus einem elektrisch leitfähigen Material, insbesondere einem Metall, beispiels-

weise Aluminium, in einem gemeinsamen Arbeitsschritt definiert. Anschließend wird die Gateelektrode 7 mit einem Gatedielektrikum 8 isoliert. Auf die freiliegenden Abschnitte 11a, 11b der Sourceelektrode 12 und der Drainelektrode 13, welche später die Kontaktflächen 5a, 5b bilden, werden Zwischenschichten 3a, 3b bereitgestellt, welche das Dotiermittel enthalten. Auf diese sowie die freiliegenden Flächen des Gatedielektrikums 8 wird anschließend die Schicht 9 des organischen Halbleitermaterials abgeschieden. Durch das Dotiermittel werden in der Schicht 9 aus organischem Halbleitermaterial Bereiche 6a, 6b erzeugt, welche eine Dotierung und damit eine höhere Leitfähigkeit aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung, welche zumindest einen ersten Körper und einen zweiten Körper umfasst, die eine gemeinsame Kontaktfläche ausbilden, wobei einer der Körper aus einem organischen Halbleitermaterial und der andere Körper aus einem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist, umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen des ersten Körpers,
 - Bereitstellen eines Dotiermittels auf zumindest einem Abschnitt einer Fläche des ersten Körpers, und
 - Abscheiden des zweiten Körpers auf dem Abschnitt der Fläche des ersten Körpers unter Ausbildung der Kontaktfläche, wobei an der Kontaktfläche durch das Dotiermittel eine regio-selektive Dotierung in an die Kontaktfläche angrenzende Bereiche des organischen Halbleitermaterials eingeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Dotiermittel als Schicht auf dem zumindest einen Abschnitt der Fläche des ersten Körpers aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Schicht monomolekular ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zunächst aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial der erste Körper bereitgestellt wird, anschließend zumindest ein Abschnitt der Fläche des ersten Körpers aktiviert wird, aus dem organischen Halbleitermaterial der zweite Körper auf zumindest dem Abschnitt der Fläche des ersten Körpers abgeschieden wird, um die Kontaktfläche zwischen dem ersten und dem zweiten Körper auszubilden, und durch die aktivierten Abschnitte der Fläche des ersten Körpers eine regio-selektive Dotierung in an die Kontaktfläche angrenzende Bereiche des organischen Halbleitermaterials eingeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaute Körper mit dem Dotiermittel dotiert ist, und nach Ausbildung der Kontaktfläche das Dotiermittel aus dem mit dem Dotiermittel dotierten elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebauten Körpers in zur Kontaktfläche benachbarte Bereiche des aus dem organischen Halbleitermaterial aufgebauten Körpers diffundiert und in den an die Kontaktfläche angrenzenden Bereichen eine ortsfeste Dotierung des organischen Halbleitermaterials bewirkt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Dotiermittel eine Säure ist und das Kontaktmaterial stark basische Eigenschaften aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Dotiermittel eine Protonensäure oder eine Base ist,

durch welches das organische Halbleitermaterial unter Salzbildung protoniert oder deprotoniert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Dotiermittel ein Oxidationsmittel oder ein Reduktionsmittel ist, durch welches das organische Halbleitermaterial oxidiert oder reduziert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Dotiermittel komplexierende Eigenschaften aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Dotiermittel eine kovalente Bindung zum organischen Halbleitermaterial ausbildet.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Dotiermittel eine Gruppe aufweist, mit der das Dotiermittel an die Abschnitte der Fläche des Körpers koordiniert, welcher aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein zumindest bifunktionaler Ligand auf zumindest die Abschnitte der Fläche des Körpers aufgebracht wird, welcher aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist, wobei der Ligand eine funktionelle Gruppe zur Koordination an die Fläche des Körpers aufweist, welcher aus dem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial aufgebaut ist, und eine funktionelle Gruppe, welche an das Dotiermittel koordiniert, und das Dotiermittel an den bifunktionellen Liganden koordiniert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Halbleitereinrichtung Teil ein organischer Feldeffekttransistors ist, welcher eine Source- und eine Drainelektrode und eine zwischen Source- und Drainelektrode angeordneten Strecke aus einem organischen Halbleitermaterial umfasst, wobei die Source- und/oder die Drainelektrode den aus dem elektrisch leitfähigen Material aufgebauten Körper und die Strecke aus dem organischen Halbleitermaterial den aus dem organischen Halbleitermaterial aufgebauten Körper bildet.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1a

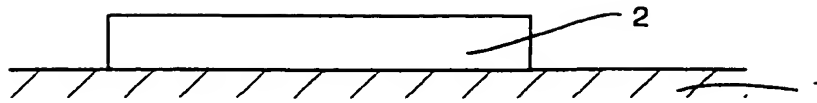


Fig. 1b

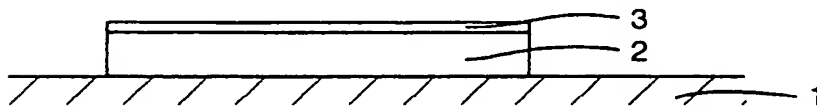


Fig. 1c

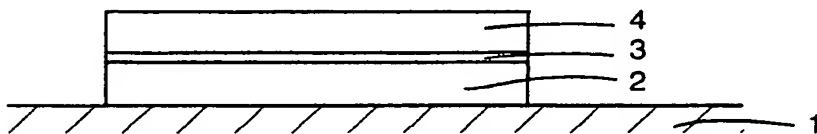


Fig. 1d

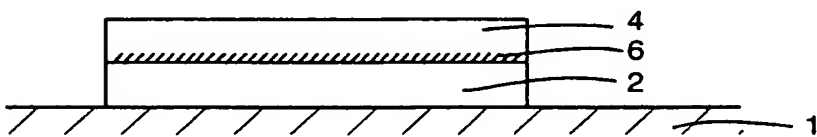


Fig. 2a

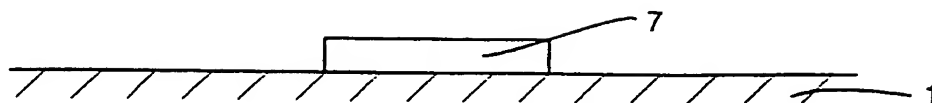


Fig. 2b

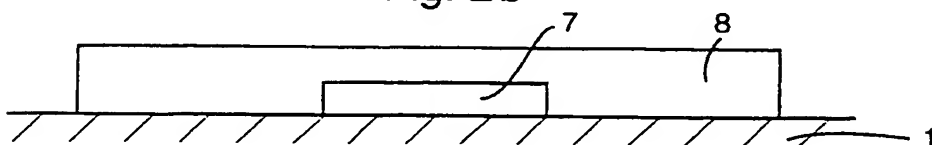


Fig. 2c

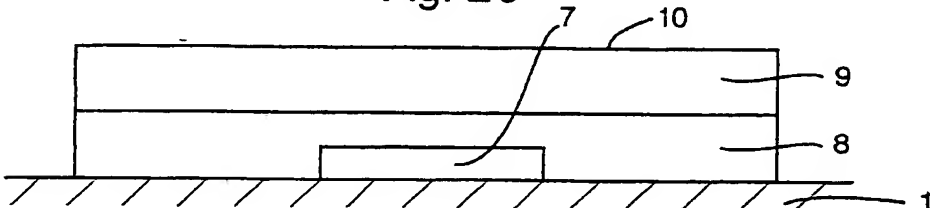


Fig. 2d

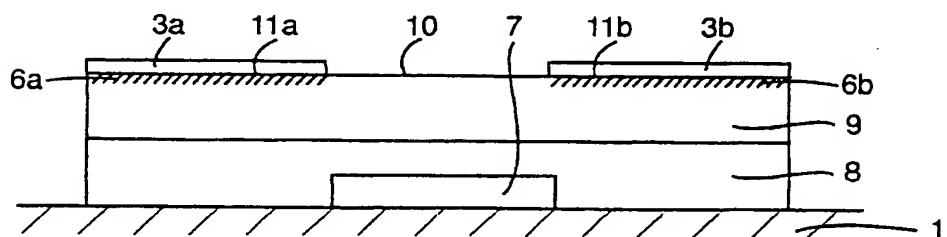


Fig. 2e

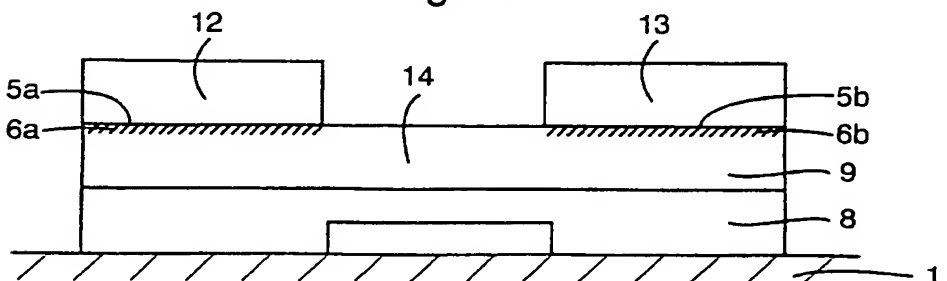


Fig. 3a

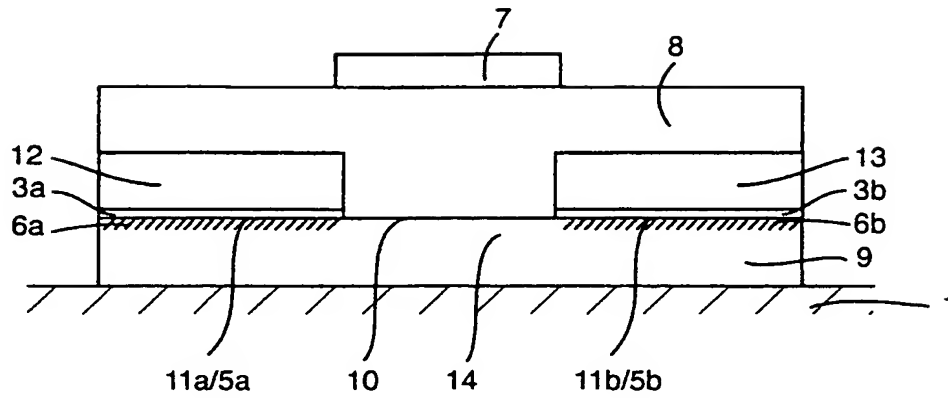


Fig. 3b

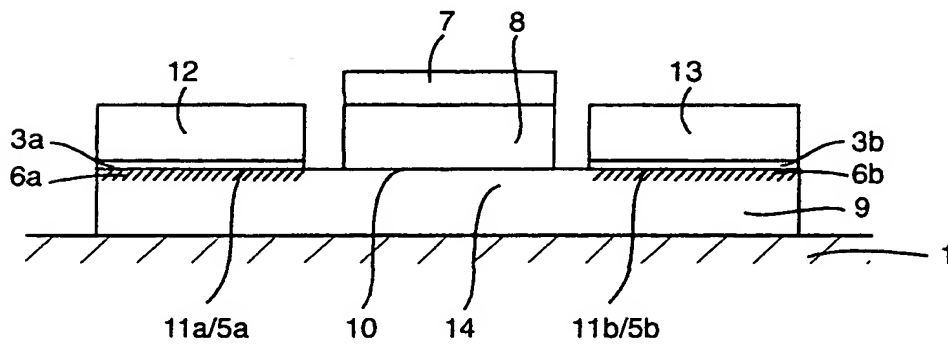


Fig. 3c

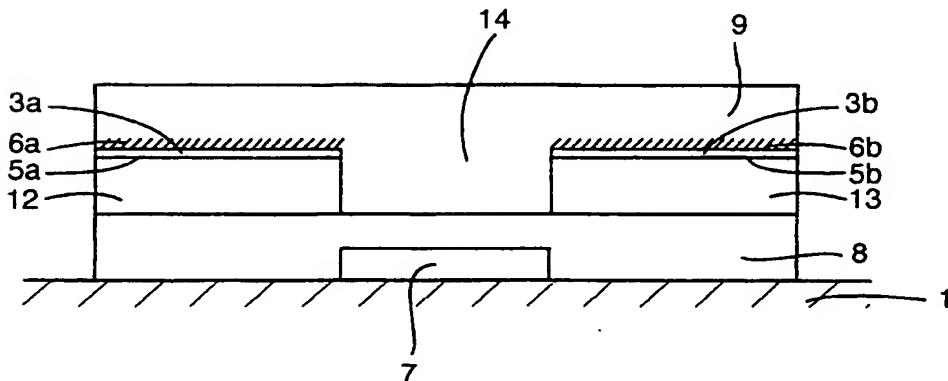


Fig. 3d

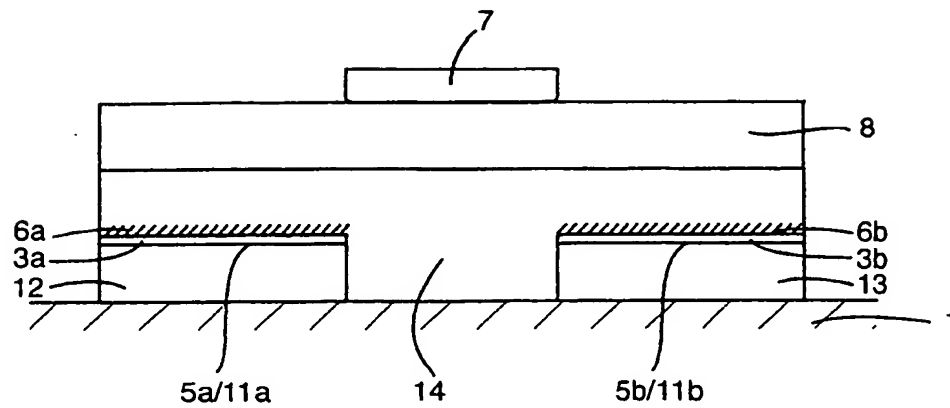


Fig. 3e

